

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-215307

(43)Date of publication of application : 05.08.1994

(51)Int.Cl.

G11B 5/09

G11B 5/09

G11B 20/10

G11B 20/18

(21)Application number : 05-024667

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 20.01.1993

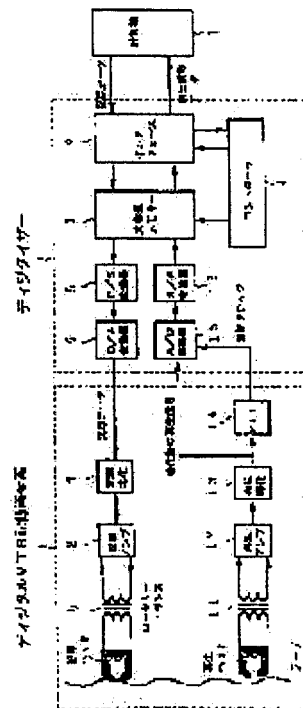
(72)Inventor : HARA MASAOKI

(54) DEVICE FOR MEASURING DIGITAL RECORDING AND REPRODUCTION DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To attain the display of erroneous rates and to satisfactorily perform the adjustment in a regenerative equalization period by forming a target wave-form whole recording a pseudo-random periodic data, fetching the regenerative signal data of a equalization or the like into a computer, and averaging them.

CONSTITUTION: Regenerative signal data are stored temporally in a memory 3 as data for a sufficiently long time to a period, and then, fetched into the computer 1. An averaged regenerative signal is obtained at every period of the recorded data in the computer 1. Then, an unit pulse response wave-form is obtained from the recorded data and the averaged regenerative signal. At this time, the regenerative signal after the average is discriminated and the target wave-form after the equalization for respective moments is decided by the combination of discriminated results.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-215307

(43)公開日 平成6年(1994)8月5日

(51)Int.Cl.⁵

G11B 5/09

20/10

20/18

識別記号

361 Z

321 A

321 A

A

庁内整理番号

8322-5D

8322-5D

7736-5D

9074-5D

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 FD (全10頁)

(21)出願番号

特願平5-24667

(22)出願日

平成5年(1993)1月20日

(71)出願人

000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者

原 雅明

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人

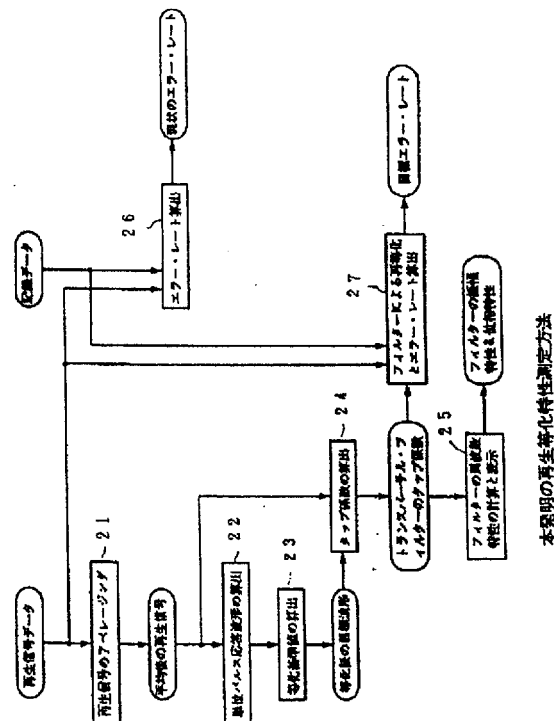
弁理士 杉浦 正知

(54)【発明の名称】 デジタル記録再生装置の測定装置

(57)【要約】

【目的】 デジタル記録再生装置の再生等化特性の最適化特性からのずれを測定し、このずれが最小となるトランスバーサルフィルターのタップ係数を求めることを可能とする。

【構成】 計算機は、記録データを発生し、これをデジタルVTRによって記録し、再生信号が計算機に取り込まれる。再生信号データは、アベレージング(ステップ21)、単位パルス応答波形の算出(ステップ22)、等化基準値の算出(ステップ23)によって、等化後の目標波形が求められる。この目標波形から等化誤差が求められ、等化誤差が最小となるようなフィルター係数がLMSアルゴリズムを用いて求められる(ステップ24)。さらに、現状のエラー・レートおよびフィルタによる再等化後のエラー・レートが求められる(ステップ26および27)。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル記録再生装置の測定装置であって、疑似ランダムな周期データを発生して記録データとして記録し、周期に対して十分に長い時間分の等化後の再生信号データをA/D変換して計算機に取り込み、上記再生信号データを記録データの周期に従って平均化するとともに、等化基準を満たす目標波形を作成するようにしたデジタル記録再生装置の測定装置。

【請求項2】 さらに、上記平均化した再生信号データと等化後の目標波形とのずれが最小になるように、LM 10 Sアルゴリズムを用いてトランスバーサル・フィルターのタップ係数を求めることを特徴とする請求項1記載のデジタル記録再生装置の測定装置。

【請求項3】 さらに、上記求められたトランスバーサル・フィルターの振幅・位相特性を表示することを特徴とする請求項2記載のデジタル記録再生装置の測定装置。

【請求項4】 上記平均化前の再生信号データを識別し、記録データと比較してエラー・レートを算出することを特徴とする請求項1記載のデジタル記録再生装置 20 の測定装置。

【請求項5】 上記求められたトランスバーサル・フィルターを平均前の再生信号に適用して識別し、記録データと比較してエラー・レートを算出することを特徴とする請求項2記載のデジタル記録再生装置の測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、デジタルVTR等のデジタル記録再生装置における再生等化特性の測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 デジタルVTRなどのデジタル磁気記録再生装置においては、記録されたデジタル・データと同じデータを再生して得るために、再生信号の波形をできるだけ符号間干渉が少ないように整形する再生等化器と呼ばれるフィルターが用いられる。今までのところ、再生等化器はコイル(L)やコンデンサ(C)によるアナログ・フィルターが主流である。最近ではトランスバーサル・フィルターを用いることが多くなっているが、アナログのトランスバーサル・フィルターは非常に高価であること、また、デジタルのトランスバーサル・フィルターでは、A/D変換器をチャンネルごとに必要とするために結果として高価になることなどから、まだまだ、普及には時間がかかると思われる。この再生等化器の調整は、再生データのエラー・レートに直接関係するものであり、非常に重要である。

【0003】 再生等化器は、ランダム・データを記録再生した信号をオシロ・スコープに入力し、クロックをトリガーとしてアイ・パターンと呼ばれる波形を出し、これを観察しながら、符号間干渉またはエラー・レートが 50

小さくなるように調整される。

【0004】 デジタルVTRなどのデジタル伝送系では、それぞれの記録再生方式に応じて、符号間干渉が無いような単位パルス応答の等化基準が存在する。ナイキストの基準は、その代表例である。前述のアイ・パターンを観察しながらの調整は、この等化基準を満たすように波形整形(=等化)するような再生等化器にできるだけ近付けようとするにほかならない。しかしながら、再生信号にはノイズが含まれているので、等化基準を満たそうとして調整すると特に高域のノイズが強調されてしまい、アイ・パターンは非常に汚くなってしま 10 う。そのため、アイ・パターンがきれいになるように高域を抑え気味にし、等化誤差が残留したままの調整がなされていることが多い。

【0005】 これまで、このようにして調整された再生等化特性は、スペクトラム・アナライザーなどによって周波数軸上で振幅・位相特性を測定していた。D2フォーマットのデジタルVTRの等化後の再生信号の周波数特性の例を、図1に示す。図1(a)が振幅特性であり、図1(b)が位相特性である。(図1は、実際にはスペクトラム・アナライザーによって測定したものではなく、後述するこの発明の構成要素である図2の測定システムによって計算機に取り込んだ再生信号から、単位パルス応答を計算して振幅・位相特性を表示したものである。)

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 図1で、振幅特性は、基準特性として図示したものと一致することが理想である。位相特性のほうは、全域に渡って0度であることが理想である。しかしながら、特に高域でノイズが大きい 30 ために、等化後の再生信号の周波数特性の観測からわかるのは大まかな等化誤差にすぎず、どの周波数領域に着目して調整し直せばエラー・レートが向上するのかわからない。

【0007】 例えば、図1(a)の振幅特性からは高域が不足していることがわかる。しかしながら、図1

(b)の位相特性を見ると、高域はノイズに埋もれてしまっているため、位相特性をどのように保ちながら高域を上げてやればよいのかは不明である。したがって、これらの周波数特性は、参考程度に利用されるだけで、エラー・レート向上のための直接的な示唆を与えることはできなかった。その結果、記録再生系はその能力を十分に生かすことができず、信頼性が悪くなるとともに、達成可能な記録密度まで媒体を生かしていないので、コストの向上につながっていたと考えられる。

【0008】 従って、この発明の目的は、エラー・レートの向上に直接つながる改善すべき等化誤差を、期待できるエラー・レートとともに表示することを可能とし、再生等化器の調整あるいは設計を良好になしうるデジタル記録再生装置における測定装置を提供することにあ

る。

【0009】この発明の他の目的は、記録再生系の持つ能力を具体的に知ることを可能とし、設計・調整の目標値を得ることができるデジタル記録再生装置における測定装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、この発明は、デジタル記録再生装置の測定装置であって、疑似ランダムな周期データを発生して記録データとして記録し、周期に対して十分に長い時間分の等化後の再生信号データをA/D変換して計算機に取り込み、再生信号データを記録データの周期に従って平均化するとともに、等化基準を満たす目標波形を作成するようにしたデジタル記録再生装置の測定装置である。

【0011】

【作用】目標波形から再生等化器の振幅・位相の等化誤差を求めることができ、再生等化器の調整・設計を高精度に行うことができ、その結果、エラー・レートを向上させることができる。

【0012】

【実施例】以下、この発明の一実施例について説明する。まず、再生信号のデータを計算機に取り込むためのシステム構成および手順について図2に基づいて説明する。このシステムは、本出願人の提案に係わる特願平4-158265号に開示されているエラー解析装置を利用したものである。

【0013】(1)疑似ランダム周期データの記録
計算機1の中で記録データを作り、これをVMEバス(インターフェース2)を介してディジタイザのメモリ3に一時的にストアする。インターフェース2およびメモリ3は、コントローラ4により制御される。この記録データとしては、疑似ランダム系列例えば511周期のM系列に対して、デジタルVTRの記録変調符号と同じ変調をかけたものを用いる。このメモリ3内のデータを読みだしてPS(並列→直列)変換器5を介してD/A変換器6に供給する。D/A変換器6から発生する記録データをデジタルVTRに入力して記録する。デジタルVTRの記録系には、記録等化回路7、記録アンプ8、ロータリー・トランス9が設けられ、記録ヘッドにより磁気テープにデータが記録される。

【0014】ここではD/A変換器6が入っているが、デジタル・データ発生のためだけに無くてもよい。また、デジタルVTRの内部に適当なランダム・データを発生する回路が入っていれば、それを用いてもよい。説明で用いているデータは、D2規格のデジタルVTR内部のM系列発生基板からのデータを記録再生したものであり、17次のM系列の最初の2048ビットをM2符号化した4096ビット周期の繰り返しデータである。

【0015】(2)再生信号データの取り込み

再生ヘッドによってテープから再生された再生信号は、ロータリー・トランス11、再生アンプ12を介した後、再生等化器13に供給される。この再生等化された再生信号がA/D変換器15に供給され、同じく内部にあるPLL14で抽出した同期クロックによって再生信号がA/D変換される。A/D変換された再生信号データはSP(直列→並列)変換されて、メモリ3に書き込み可能な速度まで並列化された後、周期に対して十分に長い時間分のデータがメモリ3に一時的にストアされる。その後、これをVMEバス(インターフェース2)を介して計算機1に取り込む。

【0016】次にこの発明の主要部分である最適等化用のトランスバースル・フィルターの特性を得るための方法について、図3のフローチャートに基づいて説明する。図3の処理は、計算機1においてなされる。

【0017】(3)再生信号のアベレージング(ステップ21)

まず、計算機1に取り込んだ「再生信号データ」を記録データの周期でアベレージングし、「平均後の再生信号」を得る。アベレージングの目的は再生信号データに含まれるノイズを小さくすることにあるので、再生信号のデータ数は記録データの周期に対して十分に長い必要がある。このアベレージングを行なう際に、全体のデータの平均値(avr)を算出しておく。

【0018】一実施例に用いている再生信号データは、約750Kビット分のデータを連続して取り込んだものである。したがって、約180回のアベレージングがなされる。また、 $avr = 127.386$ であった。

【0019】(4)単位パルス応答波形の算出(ステップ22)

次に「記録データ」と「平均後の再生信号」から「単位パルス応答波形」を求める。時間軸上で、「記録データ」を $rec(t)$ 、「平均後の再生信号」を $pb(t)$ と表す。これらをフーリエ変換すると、それぞれの周波数軸上での表現として、 $REC(\omega)$ と $PB(\omega)$ が得られる。「単位パルス応答波形」の周波数軸上の表現を $IP(\omega)$ とすれば、 $IP(\omega) = PB(\omega) / REC(\omega)$ である。図1に示したものが、この $IP(\omega)$ の振幅特性と位相特性である。

【0020】この $IP(\omega)$ を逆フーリエ変換することで、図4に示すような時間軸上での「単位パルス応答波形」 $ip(t)$ が得られる。この「単位パルス応答波形」から、取り込んだ再生信号の振幅の0-P($So-p$)を求める。これは「単位パルス応答波形」の最大値と0レベルとの差であり、この例では $So-p = 47.074$ になっている。

【0021】(5)等化基準値の算出(ステップ23)
記録符号および等化のされ方に応じて、アベレージング後の再生信号に対する等化基準値を算出する。この発明は、任意の記録変調符号および等化方式に対して適用さ

10

20

30

40

50

れるものであるが、ここではD2-DVTRで採用されているM2符号の場合を例にとって説明する。尚、M2符号の等化基準についての詳細は、「デジタルVTR用簡易自動等化器」(三田 他 TV学技報 VIR89-20)に説明されているので、ここでの説明は割愛する。

【0022】M2符号はもとのNRZ符号の半分の間隔 $T (=T'/2)$ で構成されるNRZ符号であるとみなせるが、最小反転幅が2なので隣接する時刻 $t = \pm T$ では符号間干渉が許容され、ナイキストの第2基準に相当する単位パルス応答

$$\begin{aligned} i_p[T] &= 0.5 \\ i_p[0] &= 1.0 \\ i_p[-T] &= 0.5 \\ i_p[t] &= 0 \quad (t > T, t < -T) \end{aligned}$$

が理想等化基準になる。

【0023】隣接する時刻に符号間干渉があるので、前後の記録データの組合せによって、「0」に対応して、

$$\begin{aligned} 000 &\rightarrow 0 \\ 100 &\rightarrow 0.5 \\ 001 &\rightarrow 0.5 \\ \text{'1' に対応して、} \\ 011 &\rightarrow 1.5 \\ 100 &\rightarrow 1.5 \\ 111 &\rightarrow 2.0 \end{aligned}$$

というように、4通りの振幅をとることになる。

【0024】図4の単位パルス応答の振幅を保存することを考えると、等化基準を満たす単位パルス応答の各時刻での振幅は、

$$\begin{aligned} X[T] &= S_{o-p} / 2 = 23.537 \\ X[0] &= S_{o-p} = 47.074 \\ X[-T] &= S_{o-p} / 2 = 23.537 \\ X[t] &= 0 \quad (t > T, t < -T) \end{aligned}$$

となる。これも図4に図示してある。また、図1で基準特性として示したものは、これをフーリエ変換したときの振幅特性である。

【0025】等化基準を満たす振幅値は、平均値である avr がしきい値になるように以下のように定める。

$$\begin{aligned} 000 : \quad avr - S_{o-p} &= 80.3 \\ 100 : \quad avr - S_{o-p} / 2 &= 103.8 \\ 001 : \quad avr - S_{o-p} / 2 &= 103.8 \\ 011 : \quad avr + S_{o-p} / 2 &= 150.9 \\ 100 : \quad avr + S_{o-p} / 2 &= 150.9 \\ 111 : \quad avr + S_{o-p} &= 174.5 \end{aligned}$$

【0026】そして、 avr をしきい値にして「平均後の再生信号」を識別し、この識別結果の組合せによって、各瞬間の「等化後の目標波形」を決定する。十分に等化された再生信号であれば、「平均後の再生信号」を識別した結果にはエラーは含まれない。等化が不十分な場合は、識別結果と記録データとの比較から、最もエラ

一の少なくなるように同期を取ってもよい。図5に、「平均後の再生信号」と「等化後の目標波形」を示す。この2つの波形の振幅の差が、次のステップで用いる等化誤差 $E[k]$ である。なお、他の記録変調符号および等化方式を用いる場合にも、同様にして「等化後の目標波形」を求めることが可能である。

【0027】(6) タップ係数の算出(ステップ24)ここでは、「平均後の再生信号」と「等化後の目標波形」とのずれが最小になるように、LMSアルゴリズムを用いて、図6に示すトランスバーサル・フィルターのタップ係数を求める。

【0028】タップ係数の初期値としては、入力信号がそのまま出力されるように、

$$\begin{aligned} C[0] &= 1 \\ C[i] &= 0 \quad (i \neq 0) \end{aligned}$$

としておく。

【0029】LMSアルゴリズムでは、等化器の出力と目標波形との2乗平均誤差を評価関数として、これが最小になるようにタップ係数を逐次修正する。 i 番目のタップ係数 $C[i]$ の更新に関して簡単に説明すると、以下ようになる。まず、 k 番目のビット点の値 $Y[k]$ とその点の目標波形の値 $B[k]$ の差を取り、これを等化誤差 $E[k]$ とする。

$$【0030】E[k] = Y[k] - B[k]$$

この $E[k]$ と $Y[k-i]$ との積をすべての1から N までの k に関して足し合わせて、 i 番目のタップ係数 $C[i]$ に対する等化誤差の評価関数 $H[i]$ を求める。(通常、 N は十分に大きな数ということになっているが、ここで説明している「平均後の再生信号」を用いる場合、目標波形のビット点が4096しかないので、 $N=4096$ になる。)

【0031】すなわち、評価関数は、

$$H[i] = \sum Y[k-i] \cdot (Y[k] - B[k])$$

ここで、 \sum は、 $k=1$ から N までの足し合わせを意味する。この $H[i]$ に収束係数として微小な値 α を掛けたものを $C[i]$ から差し引くことで新しい $C[i]$ を求める。

$$【0032】C[i] \leftarrow C[i] - \alpha \cdot H[i]$$

これを何度も繰り返して、 $H[i]$ のそれぞれの値が十分に小さくなったときに、収束したものとする。得られたタップ係数は、DCレベルを保存するように(しきい値が avr のままでよいように)、タップ係数の総和が1になるように規格化してから用いる。

【0033】一実施例における再生信号データを再等化するための、7タップのトランスバーサル・フィルターのタップ係数を算出した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} C[-3] &= -0.307907 \\ C[-2] &= 0.520830 \\ C[-1] &= -0.768123 \\ C[0] &= 1.839291 \end{aligned}$$

C [1] = -0.398785

C [2] = 0.105576

C [3] = 0.009117

【0034】(7) トランスバーサル・フィルターの特性表示(ステップ25)

得られたタップ係数のトランスバーサル・フィルターの振幅・位相特性を、計算して表示する。トランスバーサル・フィルターはディレー・ラインの組合せであるから、周波数軸上での特性は良く知られているように、

$$F(\omega) = \sum C[i] \times \exp(-j\omega T)$$

になる。ここで、 Σ は、 $i = -n$ から n までの加算を意味し、 T がディレー間隔であり、 $\omega = 2\pi f$ (f : 周波数)である。これを計算することで、トランスバーサル・フィルターの振幅・位相特性が得られる。図7(a)および図7(b)に、 $0 \leq f/T \leq 0.5$ の範囲について得られた振幅特性および位相特性を示す。(ここで、 f/T は規格化周波数であり、図中で“UNIT FREQ”と記したものである。)

【0035】(8) エラー・レートの算出(ステップ26)

ここでは、トランスバーサル・フィルターを通す前の等化後の再生信号のエラー・レートを算出する。具体的には、 a_{vr} をしきい値にして平均前の再生信号データを識別した結果と記録データの最初の10数ビットが一致したところから、ビットごとに比較して異なっていた場合にエラーにする。そして、比較を始めた後のデータ数とエラー数の比をエラー・レートとする。この例では、 6.86×10^{-5} のエラー・レートであった。

【0036】(9) 目標エラー・レートの算出(ステップ27)

ここでは、トランスバーサル・フィルターを通った後の、再生信号のエラー・レートを算出する。具体的には、平均前の再生信号データを得られたトランスバーサ

$$\begin{aligned} \text{So-p} &= (152.31 + 152.30 + 176.65 - 104.89 - 104.80 - 72.34) / 4 \\ &= 49.81 \end{aligned}$$

になる。この So-p を用いて、(5)の「等化後の目標波形」を定めてもほとんど結果は変わらない。他の記録変調符号および等化方式を用いる場合にも、同様にして So-p を求めることが可能である。

【0040】以下にこの発明の効果を、従来の測定方法で得られた特性とこの発明によって得られた特性とを比較することで説明する。図1に示した等化後の再生信号の周波数特性に、図7に示したこの発明で得られた最適等化用のトランスバーサル・フィルターの特性を重ねたものを図8に示す。図8(a)が振幅特性であり、図8(b)が位相特性である。ただし、フィルターの特性については、縦軸の符号を反転させてある。このフィルターの特性は、等化誤差を最小にしてエラー・レートを向上させるために必要な特性であるので、縦軸の符号を反転させたものは、エラー・レート劣化の原因となってい

* ル・フィルターに通してから識別し、記録データの最初の10数ビットが一致したところから、ビットごとに比較して異なっていた場合にエラーにする。そして、比較を始めた後のデータ数とエラー数の比をエラー・レートとする。この例では、 2.73×10^{-6} のエラー・レートになった。このエラー・レートは、図7に示したような特性を補ってやることによって得られるはずのものであるから、再生等化器の設計および調整において目標となるエラー・レートになる。

10 【0037】以上がこの発明の実現方法についての説明である。次に変形例を述べる。ステップ22((4)単位パルス応答波形の算出)で単位パルス応答を算出してから So-p を求めたが、これはもっと簡単な方法で代用することも可能である。ステップ23((5)等化基準値の算出)のところで説明したように、M2符号では前後の記録データの組合せによって4通りの基準値が存在するが、この値は、「平均後の再生信号」の識別結果の組合せによって得られる6通りの値から、近似的に求めることもできる。

20 【0038】例として用いている再生信号データの場合は、

000:	$a_{vr} - \text{So-p}$	= 72.34
100:	$a_{vr} - \text{So-p} / 2$	= 104.80
001:	$a_{vr} - \text{So-p} / 2$	= 104.89
011:	$a_{vr} + \text{So-p} / 2$	= 152.31
100:	$a_{vr} + \text{So-p} / 2$	= 152.30
111:	$a_{vr} + \text{So-p}$	= 176.65

であった。
【0039】 a_{vr} はステップ21((3)再生信号のアベレージング)で求められるので、その値($a_{vr} = 127.39$)を使うことにして、 So-p については、6通りの値の平均値を算出してもよい。この例では、

30 なる等化誤差にほかならない。

【0041】まず、振幅特性(図8(a))を見てみる。周波数特性からわかる等化誤差は、基準特性との差によって表される。(実際には、スペクトラム・アナライザなど従来の測定装置では、通常は基準特性を同時に表示して比較することはできないのだが、何らかの方法で基準特性を表示して比較できたものとする。)ここで、わかることは以下のようなことである。

【0042】・ $0 < f/T < 0.1$ の周波数範囲で振幅が大きすぎる。

・ $0.1 < f/T < 0.3$ では振幅特性はほぼ合っている。

・ $0.3 < f/T < 0.45$ では振幅が不足している。

・ $f/T > 0.45$ ではノイズに埋もれてよくわからないが、振幅は大きすぎるようである。

50 【0043】次に位相特性を見てみる。位相特性のほう

は全域に渡って0度であることが基準特性であるから、比較することは可能である。(実際には、位相特性は相対的なものであり、 $f/T=0$ における位相をどこに合わせるかによって観測される特性が大きく変化するという問題点がスペクトラム・アナライザーなどではあるのだが、それは何らかの方法で調整できたものとする。ちなみに、ここで用いている位相特性は、単位パルス応答のピークをスタート点にしてフーリエ変換することで、そのような問題を解決している。) ここで、わかることは以下のようなことである。

【0044】・DCで位相がかなり進み、そのまま $f/T < 0.05$ まで位相が進んでいる。

・ $0.05 < f/T < 0.25$ では、位相の等化誤差は少ない。

・ $0.25 < f/T < 0.4$ では、位相は遅れぎみである。

・ $f/T > 0.4$ ではノイズに埋もれてよくわからないが、位相が進んでいるようである。

【0045】ここで得られた情報にしたがって等化器を再調整しようすると、以下のような問題を抱えてしまう。

・振幅の過不足、位相の進みや遅れなどについて、大まかなことはわかるが、定量的に何dB、何度ということまではノイズに邪魔されてわからない。

・DCから $f/T < 0.05$ まで位相が進んでいることはわかったが、なんらかのフィルターによってDC特性を変化させることはできない。その影響があるのか無いのかわからない。

・高域の振幅が不足し位相が遅れぎみなのはわかるが、 $f/T > 0.4$ ではノイズに埋もれてしまっているので、この周波数領域をどうすればよいのかわからない。

・基準特性を満たすように調整できたとしても、どの程度エラーが減少するのかわからない。

【0046】したがって、基準特性を満たすように等化器を再調整しようと試みても、高域が強調されてノイズが増加するばかりで、エラー・レートは改善されないと推測される。仮に高域の強調によって若干の改善があったとしても、それで十分なのか、もっと良くなるのかはわからない。

【0047】これらのジレンマのような問題が、この発明による等化誤差の周波数特性を見ることで解決される。まず、振幅特性を見てみると以下のようなことがわ

・ $0.1 < f/T < 0.25$ までは、約2dBの振幅の不足がある。

・ $0.25 < f/T < 0.45$ までは、2dBから12dBまで直線的に振幅の不足が増加する。

・ $f/T > 0.45$ では、12dBの振幅の不足が続く。

【0048】次に、位相特性を見てみる。

・DCの位相の進みは、もしあったとしても関係ない。

・ $f/T=0.07$ を中心に約8度の位相遅れがある。

・ $f/T=0.2$ を中心に約3度の位相進みがある。

・ $f/T=0.35$ を中心に約20度の位相遅れがある。

【0049】このように、各周波数領域における振幅と位相の等化誤差が、ノイズに邪魔されることなく定量的に読み取れる。したがって、これらの情報をもとにすれば、等化器の再調整は容易になる。例えばネットワーク・アナライザーを用いて、現在の等化器の伝達特性を測定するようにセットし、現在の特性を基準にするためにキャリブレーションをする。その後で、等化器の再調整を開始し、この発明によって得られた図7の特性にできるだけ近づくように調整することによって、等化誤差を最小にできることになる。要求された特性を満たすことができない場合には、補助的なフィルターを付けければよい。そのような判断も、目標になるエラー・レートが存在するので的確にできることになる。

【0050】

【発明の効果】この発明の効果を以下に列挙する。

- 1) エラー・レートの向上に直接つながる改善すべき等化誤差を、期待できるエラー・レートとともに表示することできる。
- 2) 1)に基づいて再生等化器を調整、または、設計することで、エラー・レートを向上させることができる。
- 3) 記録再生系の持つ能力を具体的に知ることができるので、設計・調整の目標値を得られる。
- 4) 結果として、デジタル記録再生装置の信頼性が向上し、コスト・ダウンにつながる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明を適用できるデジタルVTRの等化後の再生信号の振幅特性および位相特性の一例を示す略線図である。

【図2】この発明を実施するのに使用されるシステムの一例のブロック図である。

【図3】この発明による再生等化特性測定装置の動作を示すフローチャートである。

【図4】単位パルス応答波形を示す略線図である。

【図5】等化誤差を説明するための略線図である。

【図6】再生信号を再等化するためのトランスバーサル・フィルターの構成を示すブロック図である。

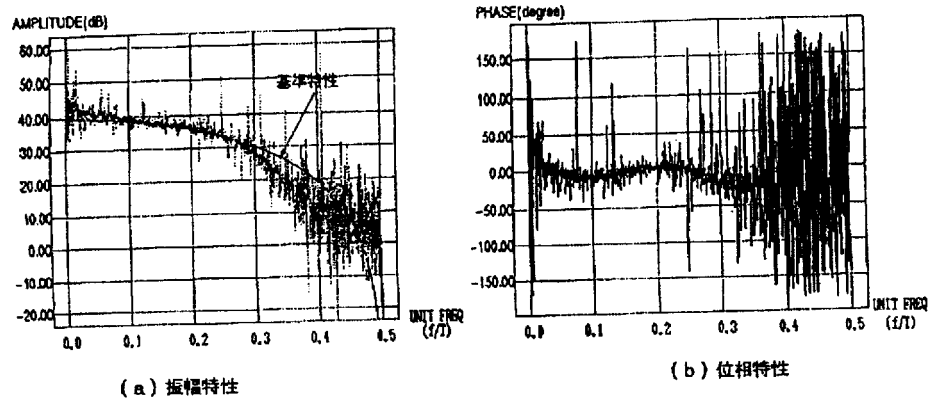
【図7】トランスバーサル・フィルターの振幅特性および位相特性の一例を示す略線図である。

【図8】等化誤差の振幅特性および位相特性の一例を示す略線図である。

【符号の説明】

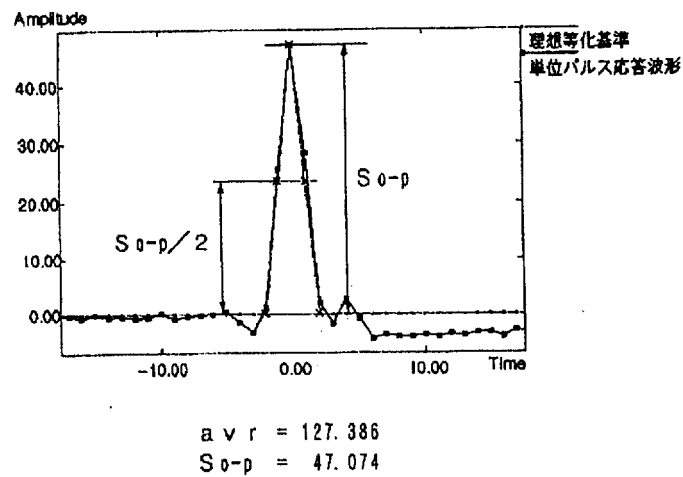
- 1 計算機
- 3 メモリ

【図1】



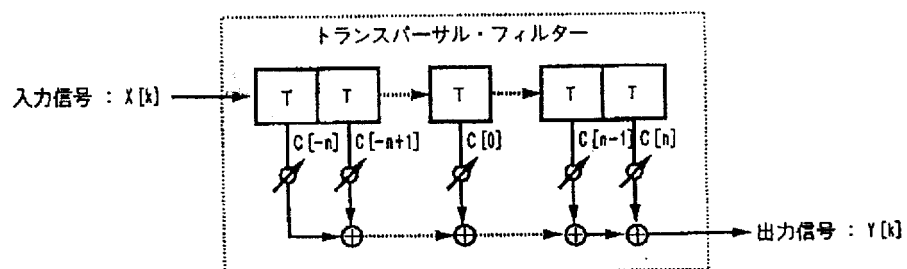
再生等化後の周波数特性

【図4】



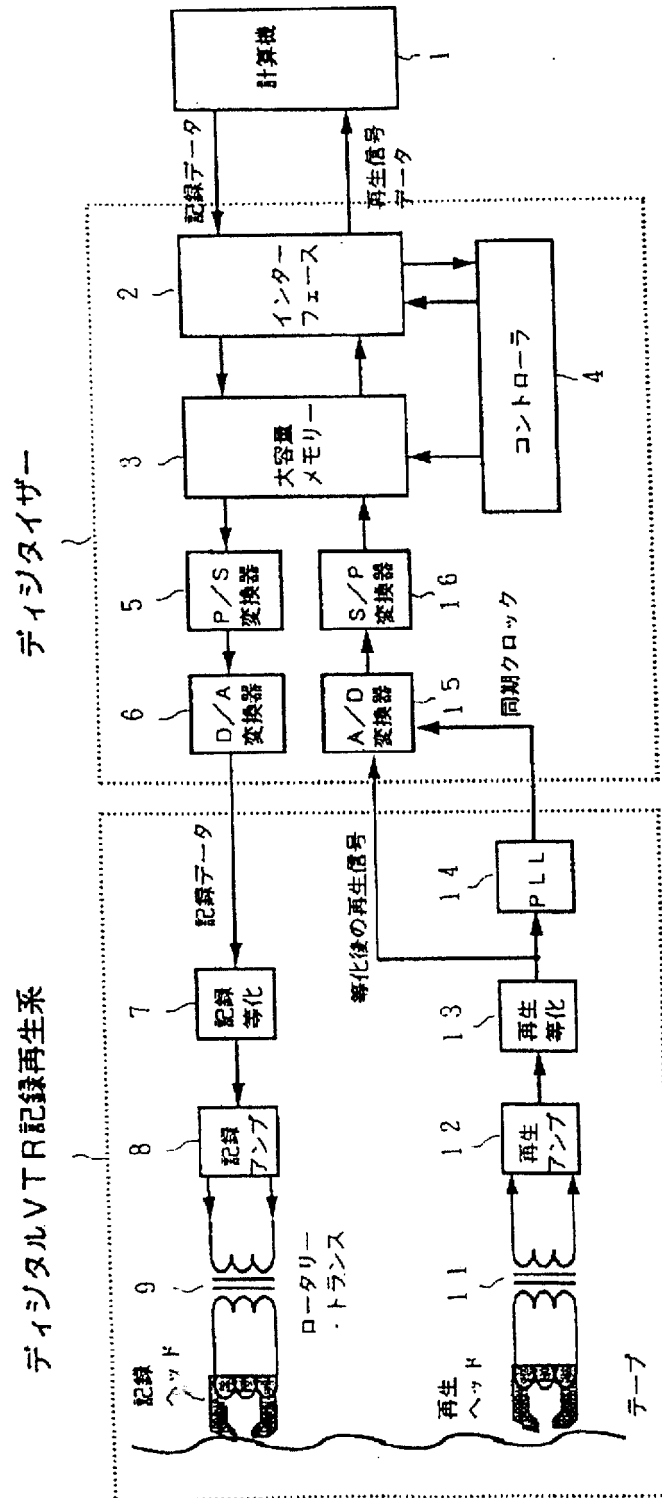
単位パルス応答波形

【図6】



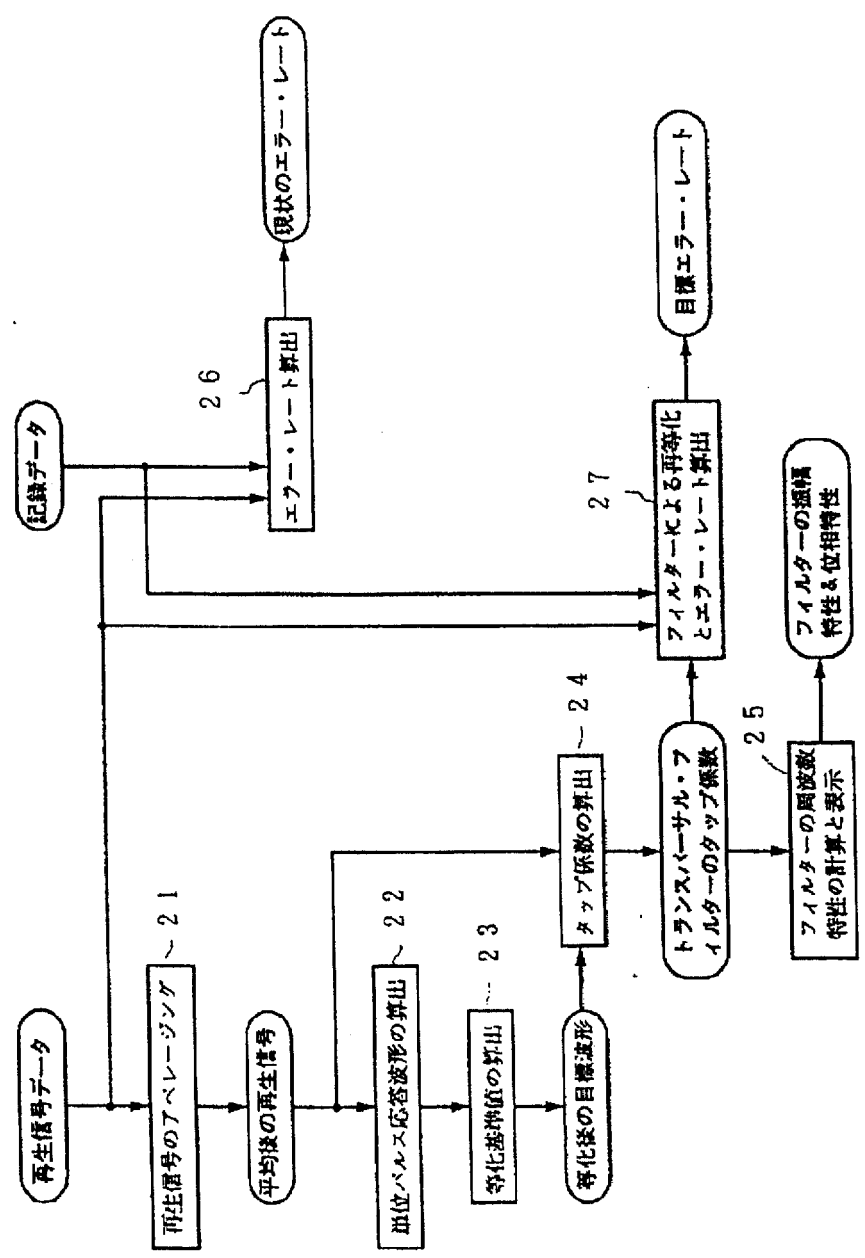
(8)

【図2】



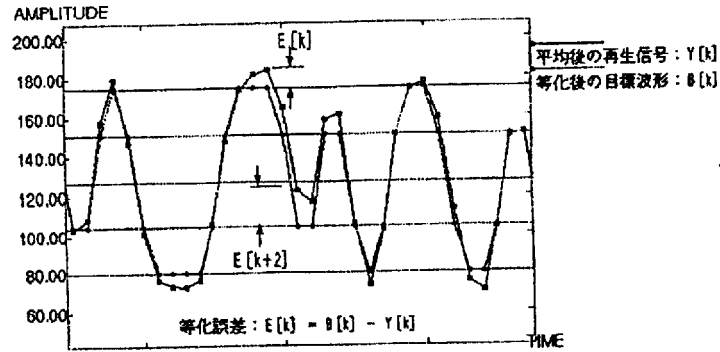
再生信号データを計算機に取り込むためのシステム

【図3】



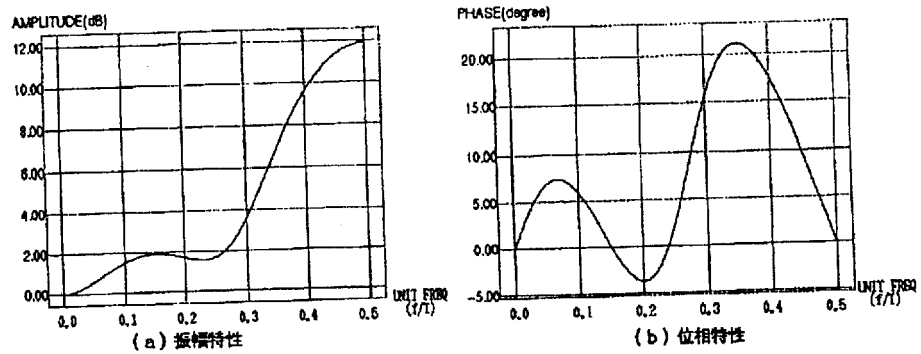
本発明の再生等化特性測定方法

【図5】



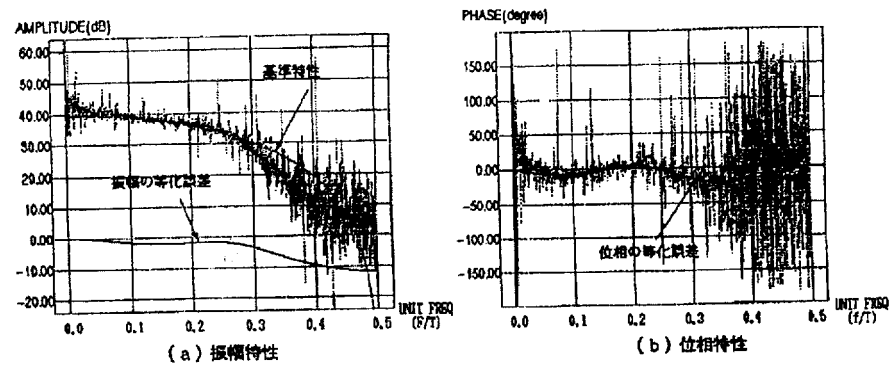
等化誤差

【図7】



トランスバーサル・フィルターの周波数特性

【図8】



等化誤差の周波数特性